

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 292 878

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 74 34543

(54) Moteur éolien.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). F 03 D 1/00.

(22) Date de dépôt 30 septembre 1974, à 10 h 15 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 28 du 25-6-1976.

(71) Déposant : SAHORES Jean, Buros, 64160 Morlaas.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

La présente invention a pour objet une voilure souple de très faible inertie, apte à être réalisée avec des matériaux extrêmement légers, et dont le profil, l'incidence et le gauchissement peuvent varier quasi instantanément au prix d'un effort de commande très faible.

5 Elle a pour but surtout d'autoriser aisément un transfert d'énergie variable de la voilure à un autre moteur par exemple ou à un engin propulsé, ou inversement, à partir d'un organe de commande actionnant la voilure et faisant varier ses paramètres géométriques, de fournir de l'énergie à un fluide, réalisant ainsi soit la mise en mouvement de ce dernier, soit le
10 déplacement relatif de la voilure par rapport à la masse fluide environnante.

A cet effet, la voilure considérée se caractérise en ce qu'elle comporte un bord d'attaque constitué par un longeron souple allongé, un bord de fuite formé par un second longeron de section plus faible, relié au premier pour raidir celui-ci, et une membrane mince et souple tendue entre les deux
15 longerons.

Le longeron du bord d'attaque peut être constitué selon le cas par un élément rectiligne, courbe, plan ou gauche, coudé ou courbé et coudé. Le longeron du bord de fuite est pour sa part réalisé au moyen d'une tige allongée ou d'un simple filin, relié dans ce cas à l'extrémité du longeron du bord
15 d'attaque en exerçant une traction sur celui-ci. En variante, les deux longerons peuvent être séparés et raidis mutuellement par des écarteurs transversaux s'étendant entre eux et solidarisés de ces longerons. La membrane mince est de préférence constituée par une manche enfilée sur les deux longerons, ou bien par une feuille souple réunie par ses bords à ces longerons. Selon le cas, les
20 écarteurs peuvent être montés à l'extérieur ou à l'intérieur de la membrane.

L'invention s'applique avantageusement à la réalisation d'ailes, à dièdre et incidence fixes pour avions ou engins volants, notamment du genre planeurs ou du type à propulsion ou à réaction. Elle s'applique cependant de manière encore mieux adaptée aux engins à ailes battantes, la voilure proposée
25 se prêtant tout spécialement à l'utilisation efficace des états aérodynamiques transitoires créés sur les bords d'attaque et de fuite des ailes, pour produire un effort propulsif sur l'engin volant, grâce à une variation appropriée de l'incidence de l'aile et le cas échéant de son gauchissement pendant le cycle de battement.

30 De préférence et dans le cadre de son application aux ailes battantes, un procédé de mise en œuvre de la voilure considérée consiste à faire varier l'incidence de l'aile entre des valeurs positives et une valeur

5 nulle par rapport à un vent relatif agissant sur ladite voilure et négative par rapport à la trajectoire de l'engin volant, cette variation commandée d'incidence de la voilure, provoquée par une rotation limitée du bord d'attaque, assurant avec une réduction faible de la portance, une diminution considérable de la traînée et, au total, une finesse, rapport de la portance à la traînée, augmentée par un facteur notable.

10 Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la liaison entre la voilure et le fuselage de l'engin volant est agencée pour autoriser, en même temps qu'une variation continue du dièdre de la voilure autour de l'axe de battement, c'est-à-dire de l'angle fourni par le plan moyen de cette voilure avec le plan horizontal, caractéristique d'une aile battante, une variation concomitante de l'incidence par torsion commandée autour de son axe du longeron de bord d'attaque. En variante, ladite liaison est adaptée pour
15 superposer à la variation d'incidence précitée une variation faible dans deux directions perpendiculaires à l'axe de battement, respectivement horizontale et verticale.

A cet effet et dans un engin volant comportant au moins deux voilures symétriques par rapport à un fuselage, l'invention consiste à agencer les longerons de bord d'attaque desdites voilures de façon à les relier au
20 fuselage par des joints universels, sollicités en permanence vers la partie inférieure du fuselage par des premiers éléments élastiques, les extrémités des longerons de bord de fuite voisines du fuselage étant d'une part réunies entre elles par un second élément élastique et d'autre part sollicitées séparément vers la partie inférieure du fuselage par des troisièmes éléments
25 élastiques.

30 Selon une autre caractéristique importante, la traction des éléments élastiques associés aux voilures de l'engin volant à ailes battantes est réglée pour que, en vol plané, l'incidence et le dièdre de la voilure aient une valeur correspondant aux caractéristiques normales d'un engin classique, en fonction de sa charge propre.

L'invention consiste également dans la mise en oeuvre de la voilure souple considérée en récepteur d'énergie et concerne plus spécialement la réalisation d'un moteur éolien ou aéromoteur, comportant des pales constituées par ladite voilure, la liaison entre lesdites pales sur un moyeu support
35 étant agencée pour permettre l'effacement de ces pales sous l'effet d'un vent dépassant un seuil maximal prédéterminé.

Dans un premier mode de réalisation où le moteur éolien présente un couple élevé et une vitesse de rotation faible, ledit moteur comportant un moyeu central dont la rotation actionne notamment un système récepteur

d'énergie, une dérive d'orientation de l'axe du moyeu dans la direction du vent et une pluralité de pales orientables fixées au moyeu, l'invention se caractérise en ce que lesdites pales sont constituées par des voilures telles que définies et en ce qu'une liaison entre les pales voisines sur le moyeu
5 est assurée par des éléments élastiques à tension pré réglée, autorisant le pivotement simultané des pales autour de leur longeron de bord d'attaque sous l'effet du vent et leur effacement par rapport au vent. Selon une autre caractéristique, les longerons des bords de fuite des pales sont reliés entre eux par au moins un haubanage circulaire, coaxial à l'axe du moyeu.

10 L'invention concerne également, dans une autre variante de mise en oeuvre des voilures en récepteurs d'énergie, un aéromoteur à couple faible et à vitesses élevées, convenant notamment pour la production d'énergie électrique. Dans cette variante de réalisation, les pales portées par le moyeu support se caractérisent en ce que le longeron de bord d'attaque est relié à l'extré-
15 mité du bord de fuite tendu par un élément de liaison fixé entre l'extrémité de ce bord de fuite d'une part et un bras relié à l'extrémité du bord d'attaque, ce bras étant approximativement perpendiculaire au plan contenant le bord d'attaque. Dans cette variante de réalisation, la variation d'incidence de la voile par rapport à la direction du vent peut être réalisée par une
20 torsion autocontrôlée du longeron du bord d'attaque sous l'effet des forces aérodynamiques appliquées, ledit longeron étant solidarisé du moyeu, ou par rotation dudit longeron monté à pivotement dans un logement solidaire du moyeu et rappelé en permanence par un élément élastique lié au moyeu.

25 D'autres caractéristiques, avantages et applications d'une voile souple selon l'invention apparaîtront encore à travers la description qui suit de plusieurs exemples de réalisation, données ci-après à titre indicatif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la Fig. 1 (a à d) illustre plusieurs variantes de réalisation pour le longeron de bord d'attaque de la voile considérée,
- 30 - la Fig. 2 représente un premier mode de réalisation de ledite voile,
- la Fig. 3 (a à c) illustre trois exemples d'exécution d'un dispositif permettant de réaliser la mise sous tension de la membrane de la voile,
- 35 - la Fig. 4 représente deux variantes d'écarteurs, montés entre le bord d'attaque et le bord de fuite de la voile,
- la Fig. 5 (a à c) illustre un premier exemple de mise en oeuvre de la voile considérée pour réaliser un vol à ailes battantes d'un engin volant représenté sur cette figure dans trois configurations correspondant

à trois moments différents du battement,

- la Fig. 6 schématise le montage des voilures sur le fuselage de l'engin volant,

5 - la Fig. 7 illustre une vue en élévation et en coupe partielle d'un moteur éolien dont la roue utilise des pales formées de voilures selon l'invention,

- la Fig. 8 est une vue de face partielle de la roue du moteur éolien selon la Fig. 7,

10 - la Fig. 9 est une vue en perspective d'une variante de réalisation d'un aéromoteur mettant en oeuvre une autre forme de voile selon l'invention,

- la Fig. 10 est une vue de détail de la Fig. 9,

- la Fig. 11 est une vue à plus grande échelle d'un autre détail de la Fig. 9,

15 - la Fig. 12 illustre une seconde variante de mise en oeuvre d'un aéromoteur selon l'invention,

- la Fig. 13 illustre enfin une troisième variante de réalisation.

La Fig. 1 illustre plusieurs variantes de réalisation pour le longeron du bord d'attaque d'une voile selon l'invention. Cet élément peut être
20 constitué par un profilé 1, par exemple tubulaire ou conique à l'état initial, ce profilé pouvant être soit rectiligne (Fig. 1a), soit courbe (Fig. 1b), l'extrémité 2 du longeron étant dans ce cas déportée par rapport à l'axe de la partie 1, soit coudé, l'extrémité 3 faisant un angle prononcé avec la direction 1 (Fig. 1c), soit enfin courbé et coudé (Fig. 1d), l'extrémité 4 du profilé 1 étant
25 coudée par rapport à la partie 1 et décalée par rapport au plan de la figure.

En se référant à la Fig. 2, on voit que le bord de fuite de la voile, désigné par la référence 5, peut de son côté être constitué soit par un profilé analogue à celui du bord d'attaque mais présentant néanmoins une section plus faible, soit de préférence par un élément souple ou par un simple
30 filin. La voile V est alors constituée en associant à ces profilés 1 et 5 une membrane souple 6 montée entre eux, ces profilés étant agencés de manière à réaliser dans la membrane une tension convenable. Dans ce but, la membrane 6 peut être double et se présenter sous la forme d'une manche enfilée
sur le profilé de bord d'attaque 1 et le profilé de bord de fuite 5, plus
35 spécialement illustré sur la Fig. 2. En variante, la membrane pourrait être constituée par une simple feuille reliée aux deux profilés. Dans tous les cas, la tension de la membrane est indispensable et peut être réalisée selon plusieurs dispositions. A titre d'exemple et comme illustré sur la Fig. 3, cette tension peut être obtenue en fixant l'extrémité du filin 5

constituant le bord de fuite au point extrême 7 du bord d'attaque et en exerçant sur celui-ci une traction selon le sens de la flèche 8, de telle sorte que, le longeron 1 des Fig. 1a ou 1b étant emmanché par son extrémité inférieure 9 dans un support rigide 10, l'extrémité 11 du bord de fuite soit également tendue et fixée sur ce support 10 en faisant subir au point 7 un déplacement limité. Sur la Fig. 3b, une disposition analogue est prévue où le longeron 1 du profilé de bord d'attaque correspond à celui illustré sur la Fig. 1c. Enfin, dans la variante selon la Fig. 3c, la tension de la membrane 6 peut être réalisée en disposant entre les longerons de bord d'attaque 1 et de bord de fuite 5 des écarteurs transversaux 12, convenablement fixés sur ces longerons, ces écarteurs peuvent être placés à l'intérieur ou à l'extérieur de la membrane. Dans le cas notamment où ces écarteurs sont montés à l'intérieur de la membrane, ils peuvent avantageusement contribuer à augmenter l'épaisseur du profil de la voilure, chaque écarteur 12 étant dans ce cas constitué par un élément plat 13 comportant le cas échéant des ajourages 14 ou par un élément plein¹⁵ (Fig. 4a et Fig. 4b).

Quel que soit le mode de réalisation adopté, la voilure selon l'invention peut être notamment utilisée pour constituer une aile classique d'engin volant, du genre planeur ou autre, à dièdre et incidence fixes, cette voilure présentant par rapport aux ailes rigides l'avantage d'absorber aisément les chocs des turbulences en vol, grâce à sa souplesse propre et aux variations localisées et momentanées d'incidence autorisées par le gauchissement aisé et rapidement corrigé de la voilure.

Cette voilure s'applique cependant de façon plus avantageuse encore à la réalisation d'engins volants à ailes battantes, permettant une utilisation efficace des états aérodynamiques transitoires se produisant sur les bords d'attaque et de fuite de la voilure, en particulier pour la production à partir de ces états transitoires, des effets Katzmayer et Moineau bien connus dans la technique. On sait notamment que de tels effets sont obtenus par variations périodiques de l'incidence de la voilure, entre des valeurs positives et au plus une incidence nulle par rapport au vent relatif, et négative par rapport à la trajectoire de l'engin volant. Il en résulte au prix d'une légère perte dans la portance moyenne, une réduction considérable de la traînée, d'un facteur pouvant atteindre plusieurs dizaines, grâce à la suppression périodique, lors du passage d'une incidence nulle, du tourbillon parasite prenant naissance sur le bord de fuite. Il s'ensuit au total un gain élevé sur la finesse de l'aile et par suite sur ses performances aérodynamiques.

La Fig. 5 illustre la mise en œuvre de voilures souples selon l'invention, pour la propulsion d'un engin volant à ailes battantes, dont le

fuselage est schématisé sur cette figure sous la forme d'un élément rectangulaire désigné par la référence 16. Sur le dessin, A et B désignent, disposées de part et d'autre de ce fuselage 16, deux ailes constituées au moyen de voilures V selon l'invention, comportant chacune un bord d'attaque 1 et un bord de fuite 5 convenablement maintenus à écartement donné pour assurer la tension de la membrane 6 et reliées par leurs extrémités au fuselage 16, le bord de fuite notamment permettant d'exercer sur l'extrémité du bord d'attaque une traction appropriée. Sur ces figures, la flèche F désigne le sens de propulsion de l'engin volant, tandis que le trièdre représenté par les trois directions respectivement perpendiculaires R, T et L, illustre les axes de débattements des voilures. L'axe R correspond notamment à l'axe de battement des ailes ou axe de roulis, l'axe T à l'axe de tangage, c'est-à-dire autour duquel le pivotement de la voile modifie l'incidence et enfin l'axe L à l'axe de lacet de l'engin.

La voile souple V réalisée conformément à l'invention permet dès lors, dans le cadre de son application aux ailes battantes d'engin volant, d'obtenir une grande augmentation de leur finesse, au prix d'une dépense d'énergie très faible, à la seule condition de réaliser la liaison des ailes A et B avec le fuselage de l'engin d'une manière autorisant une rotation et/ou torsion adéquate du longeron de bord d'attaque. Cette liaison doit en outre permettre la variation périodique concomitante du dièdre des ailes pour le battement de celles-ci, la variation d'incidence tout au long des ailes due à la rotation des bords d'attaque s'effectuant avec une période reproduisant ainsi pour l'essentiel les caractéristiques du vol battu de certains oiseaux.

La liaison de chaque voile V au fuselage peut être avantageusement réalisée conformément aux dispositions illustrées sur le schéma de la Fig. 6. A cet effet, chaque voile possède par rapport au fuselage 16 trois degrés de liberté, notamment pour le battement des ailes un premier degré de rotation autour de l'axe de roulis R, de l'ordre de plusieurs dizaines de degrés autour d'une position moyenne correspondant à une valeur habituelle classique du dièdre (quelques degrés positifs ou négatifs par rapport au plan horizontal), un second degré accessoire de rotation autour de l'axe de tangage T, correspondant à une variation d'incidence commandée de la voile, et enfin un degré accessoire de rotation de quelques degrés autour de l'axe de lacet L, l'un ou l'autre de ces deux derniers degrés de liberté accessoires pouvant éventuellement ne pas exister. En outre, chaque voile a la faculté de se gauchir d'une manière notable au cours de ses mouvements, soit sous l'effet des forces aérodynamiques qui s'exercent sur elle et qui tendent à

en provoquer la torsion avec vrillage du longeron 1 de bord d'attaque, soit d'une façon commandée par la rotation de ce longeron de bord d'attaque autour de son axe propre depuis le fuselage.

Pour réaliser la rotation autour des trois axes R, T et L, la
6 liaison entre chaque voilure V et le fuselage 16 peut être réalisée en constituant le point de jonction 17 du longeron du bord d'attaque 1 au fuselage par un joint universel. De plus, un premier élément élastique 18 sollicite en permanence chaque voilure vers le bas, cet élément 18 étant lié d'une part en 20 au longeron 1 de la voilure et d'autre part en 19 au fuselage, l'effort
10 exercé assurant la rotation de la voilure autour de l'axe R. Parallèlement, la jonction du bord de fuite 5 de chaque voilure V au fuselage 16 est effectuée, non pas directement mais de façon telle que l'extrémité 21 de ce bord de fuite soit reliée à un second élément élastique 22 dont l'autre
15 extrémité 23 est fixée au fuselage sous la voilure, de manière à exercer également un effort dirigé vers le bas sur ce bord de fuite. Enfin, les extrémités 21 des deux voilures A et B sont réunies ensemble par un troisième élément élastique 24 tendant à les plaquer contre le fuselage 16, indépendamment de l'effort exercé par les éléments 22. La traction des éléments 18, 22 et 24 est réglée pour que le dièdre, l'incidence et la flèche des deux
20 voilures A et B aient une valeur convenable en vol plané sous charge normale de l'engin volant, correspondant aux données habituelles d'un planeur à ailes fixes. Bien entendu, les efforts exercés par les éléments élastiques 18 et 22 seront à modifier en fonction de la charge totale variable de l'engin.

Le mouvement en aile battante des voilures associées au fuselage
25 représenté sur les Fig. 5 et 6 est alors le suivant, ce mouvement résultant essentiellement de la combinaison d'une rotation des voilures autour de l'axe de roulis R et d'une torsion simultanée de leur longeron de bord d'attaque 1. A cet effet, pendant la remontée de la voilure, l'angle de demi-dièdre croissant par exemple de -30 à $+40^\circ$, la torsion du bord d'attaque est
30 choisie de telle sorte que l'incidence de l'aile par rapport au fuselage ou à la trajectoire de l'engin volant soit plus grande en bout d'aile qu'à son emplanture 17 sur le fuselage (Fig. 5b), cette torsion pouvant être obtenue par une rotation commandée du longeron 1 dans le sens approprié. La portance en bout d'aile augmente, le centre de portance se déplaçant dès lors vers
35 l'extrémité de la voilure. Il en résulte que le couple résistant du dispositif élastique 18 est alors insuffisant pour équilibrer l'effort de remontée de l'aile qui pivote d'autant plus aisément autour de l'axe R.

Pendant le mouvement inverse de l'aile correspondant à l'abaissement de celle-ci, l'angle de demi-dièdre varie dans le même exemple de $+40$ à

- 30°, la torsion sur le longeron de bord d'attaque 1 est inversée, l'incidence de l'aile à l'extrémité de la voilure devenant négative. La diminution de l'incidence en bout de la voilure rapproche le centre de portance de l'implanture, le couple résistant du dispositif élastique 18 devenant prépondérant par rapport à l'effort de portance, l'aile s'abaisse. La torsion du longeron 1 peut être assurée soit par une rotation commandée du longeron de bord d'attaque en sens inverse de celui choisi pendant la montée de l'aile, soit par rotation spontanée de ce longeron due à l'effort moteur tendant à abaisser l'aile qui vient s'ajouter momentanément à l'effort permanent créé par le dispositif élastique 18. L'abaissement de l'aile se fait donc plus vigoureusement que dans le cas précédent et bien que l'incidence en bout d'aile soit négative par rapport à la trajectoire de l'engin volant, elle reste positive par rapport à l'atmosphère environnante. Il en résulte que l'effort moteur tendant à abaisser l'aile est au total un effort propulsif, ce qui constitue un avantage remarquable de la voilure considérée.

L'engin volant muni de deux voilures souples selon l'invention peut ainsi permettre d'envisager deux modes de fonctionnement, le premier avec vol à ailes battantes sans effort moteur (sauf celui qui correspond à la rotation du bord d'attaque) et le second avec vol à ailes battantes avec effort moteur et propulsif. Le premier de ces deux modes est obtenu par simple variation commandée alternative de la torsion des ailes par rotation des longerons de bord d'attaque autour de leurs axes propres ; la finesse globale étant au total considérablement augmentée, le vol plané obtenu est considérablement amélioré. Le second mode avec effort moteur durant l'abaissement des ailes est amorcé à partir du vol plané, par une torsion commandée du longeron de bord d'attaque dans le sens d'une augmentation de l'incidence en bout d'aile ; les voilures s'élèvent en amorçant le battement. Arrivées au point supérieur, deux cas sont possibles : dans le premier, si la souplesse en torsion du longeron de bord d'attaque est suffisamment grande, l'effort d'abaissement suffit pour que l'incidence en bout d'aile devienne négative, la propulsion se produisant automatiquement jusqu'à ce que, au point le plus bas, l'incidence redevienne positive pour la remontée de l'aile. Dans le second où la souplesse en torsion du longeron est insuffisante, l'effort moteur d'abaissement s'accompagne d'une commande en rotation du longeron dans le sens d'une diminution de l'incidence, ce qui conduit à intervenir directement sur la torsion de l'aile alternativement à chaque remontée et à chaque abaissement des voilures.

La combinaison de ces deux mouvements essentielle (rotation de l'aile autour de l'axe de roulis R et torsion de l'aile autour de l'axe du longeron de bord d'attaque) peut être également combinée à l'un ou l'autre

des deux mouvements accessoires déjà définis, correspondant pour l'un à une rotation de l'aile de quelques degrés autour de l'axe de tangage T et pour l'autre à une rotation de quelques degrés autour de l'axe de lacet L.

Le premier de ces deux mouvements accessoires tend à augmenter
5 l'incidence, donc la portance de la partie de l'aile proche de son emplanture lorsque l'incidence du bout d'aile par rapport au vent relatif diminue en réduisant la portance globale, pendant la remontée de l'aile battante. Le mouvement inverse est utilisé pour diminuer la portance près de l'emplature
10 lorsque celle du bout de l'aile augmente, notamment pendant l'abaissement de l'aile avec un effort moteur. Au total, la portance globale peut être maintenue quasi constante, en supprimant le léger mouvement sinusoïdal du centre de gravité de l'engin volant dans le plan vertical contenant la trajectoire, résultant lui-même du battement des voilures.

Le second mouvement accessoire vise à augmenter la vitesse
15 horizontale du bout d'aile pendant la phase d'abaissement de la voile, notamment au début de ce mouvement et en la réduisant pendant la remontée, spécialement à son origine. Ce mouvement qui fait avancer les bouts d'ailes par rapport au corps de l'engin pendant l'abaissement en leur donnant une flèche négative et les fait reculer pendant la remontée en restituant une flèche
20 normale, est autorisé grâce à la liaison des bords de fuite des deux voilures, non pas au fuselage de l'engin, mais à l'élément élastique 24, permettant aux lignes de jonction des voilures avec le fuselage de varier en direction de quelques degrés, cet angle normalement nul s'ouvrant sous l'effort de propulsion lors de l'abaissement des voilures avec effort moteur, et se fermant
25 pendant le mouvement inverse. En raison de l'incidence importante des bouts d'ailes par rapport à la trajectoire au cours du mouvement d'abaissement, la force aérodynamique sur ces bouts d'ailes présente en effet une forte composante horizontale vers l'avant qui contrebalance l'effort de l'élément élastique 24 et provoque l'ouverture de l'angle correspondant.

La Fig. 7 se rapporte à une autre variante d'application d'une
30 voile souple établie conformément à l'invention, notamment pour la réalisation d'un aéromoteur ou moteur éolien, présentant un couple élevé et une vitesse de rotation faible, un tel moteur éolien étant plus particulièrement adapté, bien que de façon non exclusive, à exhaure de l'eau au moyen d'une
35 pompe alternative par exemple. Sur cette figure, on a représenté sous la référence 30 la roue du moteur éolien considéré, dont la Fig. 8 illustre partiellement une vue de face. Cette roue se compose principalement d'un moyeu central 31 sur lequel sont fixées et réparties angulairement sur celui-ci des voilures souples selon l'invention, chacune d'elles comportant un profilé ou longeron 32 de bord d'attaque lié au moyeu et un profilé de bord de
40

fuite 33, le bord d'attaque et le bord de fuite de chaque voilure étant maintenus à écartement et tension convenables par des écarteurs 34, conformément aux dispositions illustrées sur la Fig. 3c. Sur ces profilés 32 et 33, sont enfilées des manches souples 35, formant les membranes des voilures, les bords d'attaque constituant les rayons de la roue. Chaque voilure ou pale de la roue est sollicitée vers sa position de pas minimal, c'est-à-dire au plus près du plan transversal de la roue, par au moins un élément élastique 36 relié sensiblement au centre des éléments écarteurs 34 de deux voilures voisines, notamment en des points d'attache, respectivement 37 et 38. L'allongement de ces éléments élastique sous la poussée du vent, dont la direction est schématisée sur la Fig. 7 par la flèche F, permet l'augmentation du pas des voilures sur la roue et le réglage automatique de cette dernière selon la valeur de cette poussée. Bien entendu, les points de liaison 37 et 38 des éléments élastiques pourraient être modifiés en fonction des caractéristiques d'utilisation de la roue considérée, notamment en étant directement prévus sur les bord de fuite des pales. Un hauban circulaire 39 relie l'ensemble des extrémités des bords d'attaque 32 opposées au moyeu 31. Enfin, deux autres éléments de liaison circulaires, respectivement 55 et 56, permettent d'assujettir chaque pale à la suivante et de supprimer les phénomènes de résonance qui apparaîtraient autrement pour des vitesses de vents élevées et tendraient à provoquer des battements des voilures les unes par rapport aux autres. Par ailleurs, la liaison réalisée entre les voilures étant circulaire, donc fermée, le facteur d'amortissement est pratiquement infini pour tout mouvement d'une voilure par rapport à la voilure voisine, tandis qu'il reste sensiblement nul pour un mouvement identique et en phase de toutes les voilures. Ce système d'amortissement n'introduit aucune constante de temps dans l'augmentation de pas sous l'effet des éléments élastiques 36, commandés par l'augmentation brutale de la force du vent et ne touche donc pas à la sécurité conférée au moteur éolien par ce système.

Le moyeu 31 est prolongé par un axe 40 sur lequel sont fixés des tendeurs 41 fixés aux bords d'attaque opposés au moyeu 31. L'ensemble formé par le moyeu et sa roue est porté par un mât support 42 associé dans l'exemple de réalisation décrit en relation avec la Fig. 7 à un dispositif classique permettant par exemple d'exhaure de l'eau au moyen d'une pompe. A cet effet, l'axe du moyeu 40 se prolonge par un excentrique 43 terminé par une bielle 44 permettant de transformer le mouvement de rotation de la roue en un mouvement de débattement alternatif pour une tige 45. A son extrémité inférieure, celle-ci est reliée à un palonnier 46 porté par un support 47 et commande le mouvement parallèle d'un axe de renvoi 48 guidé dans un manchon 49 engagé dans un puits 50 et actionnant le piston d'une pompe alternative 51. L'équipement de la

roue comporte enfin une dérive 52 fixée sur une douille 53 montée pivotante sur le mât 42 et raliée au moyeu 32 de la roue par une pièce de liaison 54.

Ces dispositions de réalisation ainsi adoptées permettant la construction d'un moteur éolien extrêmement léger, même avec une roue présentant de grandes dimensions, de l'ordre de 3 m. de diamètre ou plus pour un poids global de l'ordre de 8 kg, ce qui conduit au total à une économie importante sur la réalisation de l'appareil et de ses accessoires. Par ailleurs, l'augmentation automatique du pas avec la vitesse du vent assure à la roue une vitesse de rotation pratiquement constante, quelle que soit la force de ce vent. Enfin, la sécurité de l'appareil, par effacement complet de toutes les voilures pour des vents très forts, est particulièrement efficace, "la mise en drapeau" au niveau de chaque voilure assurant la transparence au vent totale de l'appareil.

La Fig. 9 illustre une autre variante de réalisation d'un aéromoteur utilisant des voilures souples selon l'invention, mais présentant un couple faible et une vitesse de rotation élevée, l'appareil étant plus spécialement adapté à la production d'énergie électrique. La roue de l'aéromoteur se rapproche dans son allure générale de celle d'une hélice, avec un nombre de voilures ou de pales relativement réduit, une seule de ces dernières étant représentée sur la figure. Cette roue peut être montée soit au vent F d'un pylône support (non représenté) avec une dérive classique, soit sous le vent et sans dérive. La pale ou voilure illustrée sur la Fig. 9 correspond sensiblement à la variante de réalisation illustrée sur la Fig. 3b.

Le longeron de bord d'attaque 61 constitué par un tube de métal léger ou au moyen de fibres de verre, de carbone ou de bore présente une section circulaire ou ovale. Ce longeron est coudé en 62 et courbé par la traction qu'exerce sur son extrémité 63 le bord de fuite 64 constitué ici par un simple filin. La voilure V comporte une double membrane en toile ou en matière plastique, tendue entre le bord d'attaque et le bord de fuite ; des écarteurs, découpés dans un matériau léger, alvéolaire ou expansé, sont éventuellement insérés à l'intérieur de la membrane, améliorant les caractéristiques aérodynamiques de la voilure.

Entre l'extrémité 66 du bord de fuite opposée au point 63 et le bord d'attaque 61 est disposé un autre écarteur rigide 67, maintenu sensiblement perpendiculaire à la direction du bord d'attaque, soit par encastrement dans celui-ci en 68, soit grâce à la tension d'un second filin 69 reliant l'extrémité 66 à un point d'attache 70 situé à l'extrémité libre 71 du bord d'attaque 61, vers la région où celui-ci est fixé sur le moyeu M de la roue. Le vrillage de la voilure est obtenu par un troisième filin 72 reliant l'extrémité 66 du bord de fuite à un bras 73 fixé en bout du bord d'attaque, ce

bras 73 étant approximativement perpendiculaire au plan qui contient le bord d'attaque 61. Ce vrillage de la pale se règle d'une manière très simple en ajustant la longueur du filin 72, le vrillage étant nul si le filin est totalement relâché et au contraire augmentant au fur et à mesure que l'on raccourcit la longueur de ce filin. L'augmentation du pas en fonction de la vitesse du vent se fait par rotation de l'ensemble de la pale autour de son longeron de bord d'attaque 61 ou d'un axe qui lui est sensiblement parallèle, cette rotation pouvant être obtenue, soit par une simple torsion du longeron 61 sous l'effet des forces aérodynamiques appliquées à la voilure V, l'embase 74 du longeron étant immobilisée dans un logement 75 solidaire du moyeu M de la roue, soit au contraire par rotation de l'embase 74 du longeron dans ce logement 75 sous l'effet de ces mêmes forces, le longeron tournant alors en bloc par rapport au moyeu M. Dans tous les cas, le longeron 61 et la voilure V sont en permanence ramenés en position où le pas est minimal par un élément élastique ou ressort 76, lié au moyeu M et au bras 73.

Pour éviter l'emballement de l'hélice en cas d'absence forcuite de charge sur l'arbre du dispositif (non représenté), mais dont l'axe est illustré en 84, un dispositif de régulation par force centrifuge est avantageusement prévu, qui limite la vitesse de rotation en augmentant automatiquement le pas de la voilure. A cet effet, une masselotte 77 est portée par un levier 78 et est articulée sur le moyeu M autour d'un axe 79, cette masselotte provoquant lorsqu'elle se déplace sous l'effet de la force centrifuge selon la direction indiquée par la flèche 80, une traction sur un filin 81 qui fait pivoter le bras 73 auquel il est fixé à l'encontre du ressort 76. Le filin 81 est guidé par un oeillet 81a ou par des poulies de renvoi appropriées. L'ensemble de la voilure V pivote dans ce cas dans le logement 75 recevant l'embase 74 du longeron 61.

Dans le cas où la roue de l'aéromoteur est montée sous le vent de son pylone support, il est particulièrement avantageux de prévoir un mouvement supplémentaire de la voilure V, concourant à la sécurité de l'appareil dès que la force du vent devient excessive. A cet effet, l'aéromoteur est muni d'un dispositif annexe, autorisant le rabattement de la voilure qui se couche vers l'arrière sous l'effet du vent, le longeron de bord d'attaque 61 passant progressivement de sa position normale de travail, sensiblement perpendiculaire à l'axe 84 du moyeu M de la roue à une position effacée, quasi parallèle à cet axe. Ce mouvement de rabattement de la voilure est assuré grâce à la mobilité de celle-ci avec la partie supérieure 82 du

moyeu M autour d'un axe de rotation 83 sensiblement perpendiculaire à la fois au longeron de bord d'attaque 61 et à l'axe 84 du moyeu. Un système élastique 85 rappelle en permanence la voilure V en position de travail.

5 Ce mouvement de rabattement des voilures de la roue peut se produire d'une manière désordonnée lorsque ces voilures sont indépendantes les unes des autres. Il peut être cependant souhaitable d'assurer une synchronisation de leurs mouvements, surtout lorsque le nombre de pales est supérieur à deux. A cet effet, et comme illustré sur la Fig. 10, une liaison mécanique entre les différentes voilures de la roue peut être assurée au moyen de tringles de renvoi 86 liées à une bague 87, montées coulissantes sur une tige 88 prolongeant axialement le moyeu M de la roue, ces tringles 86 étant toutes liées aux longerons de bord d'attaque 61 des différentes pales de la roue. On obtient ainsi un mouvement de rabattement d'ensemble pour toutes les voilures, la roue passant d'un profil extérieur circulaire pratiquement en forme de disque plat à celui d'un cône de plus en plus pointu au fur et à mesure que le vent augmente, à la manière d'un parapluie dirigé la pointe au vent se fermant sous la poussée de celui-ci. Bien entendu, d'autres moyens mécaniques peuvent être envisagés pour assurer la synchronisation du pivotement des voilures entre elles, par exemple au moyen d'engrenages ou par renvoi de câbles ou de poulies.

20 La Fig. 11 illustre une autre variante de réalisation, apte à remplacer le dispositif à massalotte vu précédemment. Dans ce cas, les axes des logements 75 recevant les extrémités 74 des longerons de bord d'attaque 61 des voilures V ne sont pas disposés dans un plan perpendiculaire à l'axe du moyeu M, mais selon un cône dont la pointe est dirigée sous le vent, la base de ce cône étant donc au vent. L'extrémité libre 63 du longeron 61 de chaque voilure est très légèrement alourdie par un poids 89, intégré au profil de la voilure. Lorsque la vitesse de rotation de la roue augmente, la force centrifuge amène ce poids 89 sur une trajectoire de plus grand diamètre H_1 , correspondant au pas maximal pour un vent de plus forte vitesse tolérable avant effacement des voilures ; en revanche, lorsque le vent diminue, l'extrémité 63 repasse en position où la roue présente un plus faible diamètre H_2 .

35 La Fig. 12 représente une autre variante d'un détail de la roue illustrée sur la Fig. 9, relative au cas où la roue du moteur éolien est montée sous le vent, le dispositif considéré permettant de déclencher le rabattement des longerons de bord d'attaque pour l'effacement des voilures sous l'effet d'un vent très violent, en évitant une remise automatique en position de travail et en exigeant par contre un réarmement manuel. Le

rabattement des voilures résulte ici de la traction exercée sur les pales par le vent lui-même qui entraîne celles-ci de telle sorte que la partie inférieure 74 de chaque longeron 61 puisse coulisser dans son logement 75 en comprimant un ressort 90 maintenu entre la douille de ce logement et un téton d'arrêt 90a.

5 L'écarteur 67 est articulé en son milieu sur un axe 91 et est retenu par un filin 92 relié au bras 73. Sous l'effet du déplacement du longeron 61, cet écarteur 67 se replie car le bras 73, retenu par la bague 93 liée au moyeu, tire sur le filin 92. Un cran d'arrêt 94 se dégageant, le prolongement 74 devient libre en rotation par rapport au bras 73. Sous l'effet d'un ressort 95,

10 lié par une de ses extrémités au prolongement 74 et par l'autre au bras 73, le longeron 61 de bord d'attaque peut tourner de plusieurs tours sur lui-même. Par ailleurs, le repliement de l'écarteur 67 ayant détendu le filin 64 de bord de fuite, le longeron de bord d'attaque 61 peut se redresser, notamment sa partie coudée d'extrémité, le bord d'attaque devenant rectiligne. La rotation sur lui-

15 même du longeron 61 provoque dès lors l'enroulement de la membrane de la voile V à la manière d'une voile sur une bôme, la prise au vent sur la voile étant ainsi largement diminuée.

Quel que soit le mode de réalisation de l'aéromoteur adopté, notamment en fonction de l'utilisation visée, il est possible de mieux exploiter la

20 gamme des vents disponibles par une combinaison de deux roues de diamètres très différents, adaptés pour l'une aux vents faibles ou moyens et pour l'autre aux vents forts. A cet effet, on pourrait monter sur un même mât support, sous le vent une roue de grand diamètre démarrant par vent très faible, par exemple de 2 m/sec. et fournissant sa puissance nominale à une génératrice électrique

25 depuis son démarrage jusqu'à des vitesses du vent moyennes, par exemple de 6 m/sec., cette roue maintenant la puissance fournie pour des vents supérieurs avec augmentation progressive du pas de ses voilures, et finalement rabattement des pales au-delà d'un seuil donné, de l'ordre de 15 m/sec. par exemple. Au-delà, entrerait en jeu une roue plus petite, orientée au vent par la première

30 roue et apte à débiter jusqu'à des vitesses très élevées, par exemple de 30 m/sec. Encore au-delà, la traction exercée par le vent sur les pales rabattues en arrière déclencherait un dispositif de sécurité d'enroulement des membranes. Le couplage à la génératrice se ferait pour la grande roue par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesses de rapport élevé et d'une roue

35 libre, pour la petite roue directement ou par un multiplicateur de rapport réduit.

La Fig. 13 illustre enfin une autre variante d'application des voilures souples selon l'invention au cas de turbines hydrauliques. Les

voilures considérées peuvent en effet, au moyen d'éléments profilés en toiles ou feuilles plastiques, constituer des pales de turbines du type Kaplan, de telles turbines peuvent être conçues avec des roues de très grand diamètre, notamment pour capter l'énergie de courants lents et de vitesse constante, tels que certains courants sous-marins. Dans ce cas, chaque 5 voile peut avoir un poids apparent pratiquement nul, grâce à un remplissage convenable d'huile ou d'un autre matériau approprié des longerons constituant les bords d'attaque et les bords de fuite de cette voile. Par ailleurs, aucune surcharge d'origine hydrodynamique n'est à craindre, la 10 vitesse moyenne d'un courant sous-marin étant, en pratique, très peu variable. Sur la figure, on a représenté en 100 une hélice de ce genre montée sous le courant de son support. Celui-ci est constitué par une ligne de mouillage 101 comportant une ancre 102 et une chaîne 103 retenant par dessous une nacelle 104 contenant une génératrice électrique, cette nacelle étant suspen- 15 due par un câble 105 à un flotteur 106 restant immergé et tirant la nacelle vers le haut. L'ensemble s'oriente en girouette dans le courant, l'énergie électrique étant évacuée par un câble vers la côte si celle-ci est proche. En variante, elle peut être directement utilisée pour produire de l'hydrogène par électrolyse avec stockage au fond ou en surface si la côte se 20 trouve plus éloignée.

REVENDECATIONS

1.- Moteur éolien comportant un moyeu central dont la rotation actionne notamment un système récepteur d'énergie, une dérive d'orientation de l'axe du moyeu dans la direction du vent, et des pales fixées au moyeu, moteur caractérisé en ce que lesdites pales sont constituées chacune par une voilure souple comportant un bord d'attaque constitué par un longeron souple allongé, un bord de fuite formé par un second longeron de section plus faible, relié au premier pour raidir celui-ci, et une membrane mince et souple tendue entre les deux profilés.

2.- Moteur éolien selon la revendication 1, caractérisé en ce que le longeron de bord d'attaque est constitué par un élément rectiligne, courbe, plan ou gauche, coudé ou courbé et coudé.

3.- Moteur éolien selon la revendication 1, caractérisé en ce que le longeron de bord de fuite est constitué par une tige allongée ou par un filin relié à l'extrémité du bord d'attaque en exerçant une traction sur celui-ci.

4.- Moteur éolien selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux longerons sont tendus mutuellement par des écarteurs transversaux.

5.- Moteur éolien selon la revendication 1, caractérisé en ce que la membrane mince est constituée par une manche enfilée sur les deux longerons ou par une feuille souple réunie par ses bords à ces profilés.

6.- Moteur éolien selon la revendication 1, caractérisé en ce que des écarteurs transversaux sont montés à l'extérieur ou à l'intérieur de la membrane.

7.- Moteur éolien selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, à couple élevé et à vitesse de rotation faible, comportant un moyeu central dont la rotation actionne notamment un système récepteur d'énergie, une dérive d'orientation de l'axe du moyeu dans la direction du vent et une pluralité de pales orientables fixées au moyeu, lesdites pales étant constituées au moyen desdites voilures, moteur caractérisé en ce qu'une liaison entre les pales voisines sur le moyeu est assurée par des éléments élastiques à tension préréglée, autorisant le pivotement

simultané des pales autour de leur longeron de bord d'attaque sous l'effet du vent et leur effacement par rapport au vent.

8.- Moteur éolien selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, à couple faible et à vitesse de rotation élevée, pour la production d'énergie électrique, comportant des pales constituées au moyen desdites voilures, moteur caractérisé en ce que dans chaque pale le longeron de bord d'attaque est relié à l'extrémité du bord de fuite et est tendu par un élément de liaison fixé entre l'extrémité de ce bord de fuite d'une part et un bras relié à l'extrémité du bord d'attaque, ce bras étant approximativement perpendiculaire au plan contenant le bord d'attaque.

9.- Moteur éolien selon la revendication 8, caractérisé en ce que la variation d'incidence de chaque pale est réalisée par une torsion auto-contrôlée du longeron du bord d'attaque sous l'effet des forces aérodynamiques appliquées, ledit longeron étant solidarisé du moyeu ou par rotation dudit longeron monté à pivotement dans un logement solidaire du moyeu et rappelé en permanence par un élément élastique lié au moyeu.

10.- Voilure souple nécessaire à la réalisation d'un moteur éolien selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle comporte un bord d'attaque constitué par un longeron souple allongé, un bord de fuite formé par un second longeron de section plus faible, relié au premier pour raidir celui-ci, et une membrane mince et souple tendue entre les deux profilés.

11.- Voilure souple selon la revendication 10, caractérisée en ce que le longeron de bord d'attaque est constitué par un élément rectiligne, courbe, plan ou gauche, coudé ou courbé et coudé.

12.- Voilure souple selon la revendication 10, caractérisée en ce que le longeron de bord de fuite est constitué par une tige allongée ou par un filin relié à l'extrémité du bord d'attaque en exerçant une traction sur celui-ci.

13.- Voilure souple selon la revendication 10, caractérisée en ce que les deux longerons sont tendus mutuellement par des écarteurs transversaux.

14.- Voilure souple selon la revendication 10, caractérisée en ce que la membrane mince est constituée par une manche enfilée sur les deux longerons ou par une feuille souple réunie par ses bords à ces profilés.

5

15.- Voilure souple selon la revendication 10, caractérisée en ce que des écarteurs transversaux sont montés à l'extérieur ou à l'intérieur de la membrane.

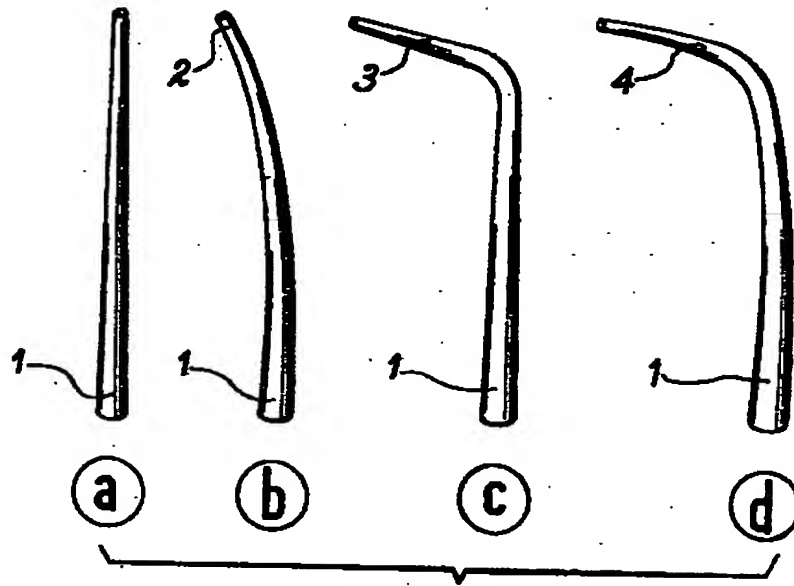


FIG. 1

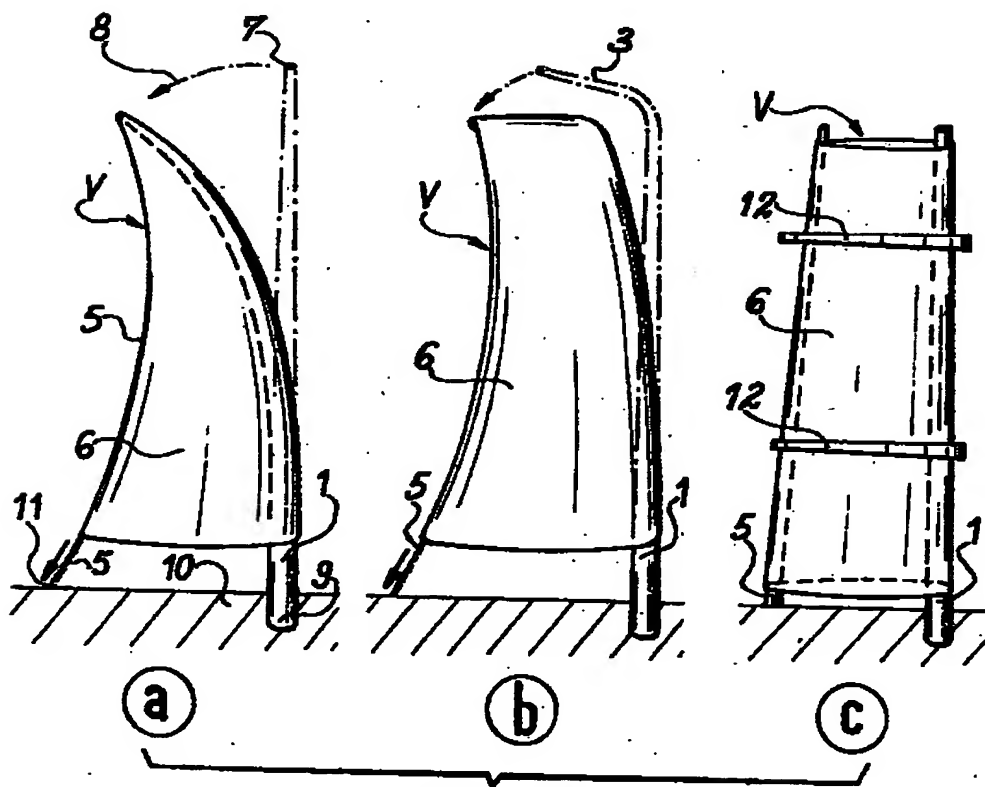


FIG. 3

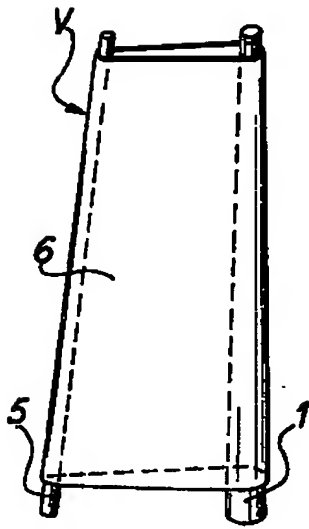


FIG. 2

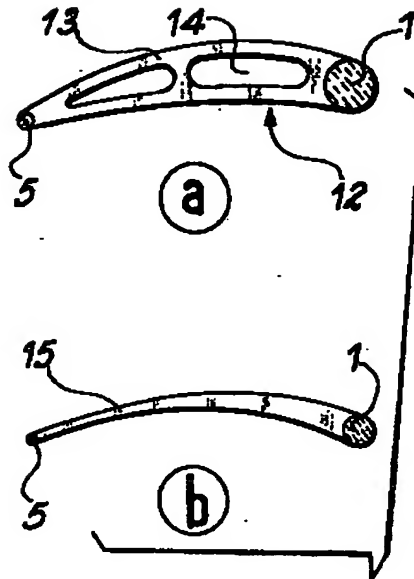


FIG. 4

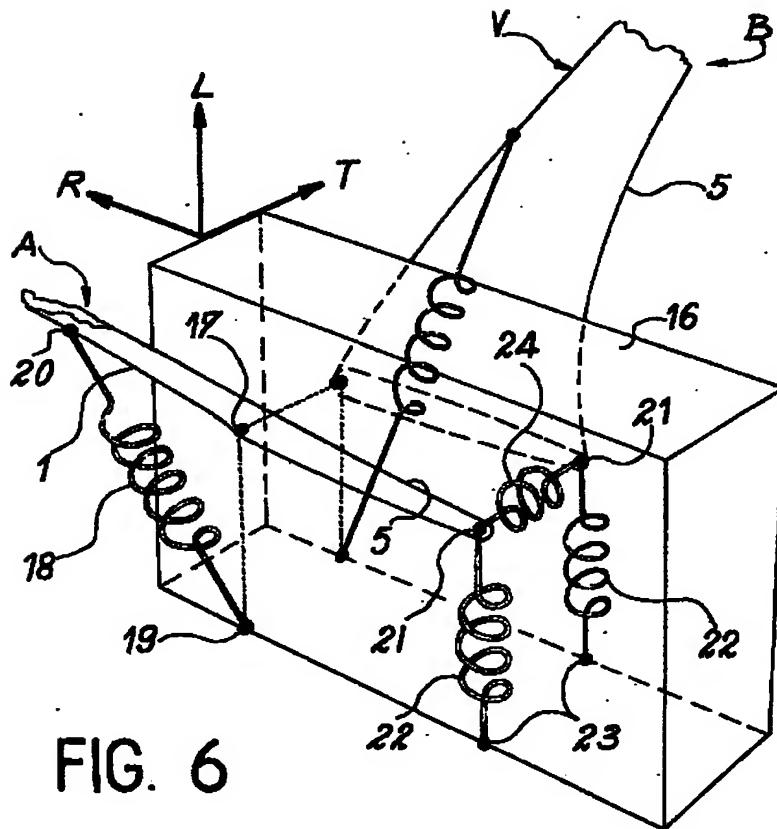


FIG. 6

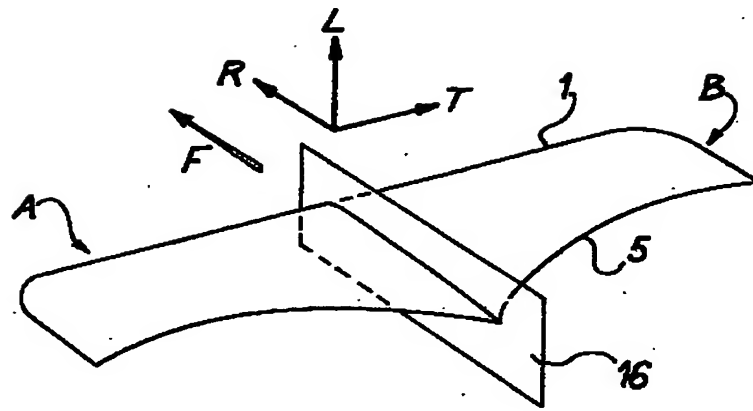


FIG. 5a

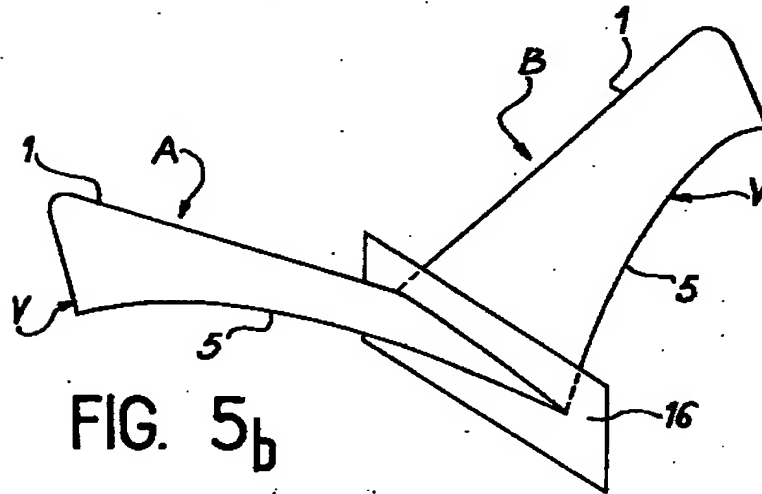


FIG. 5b

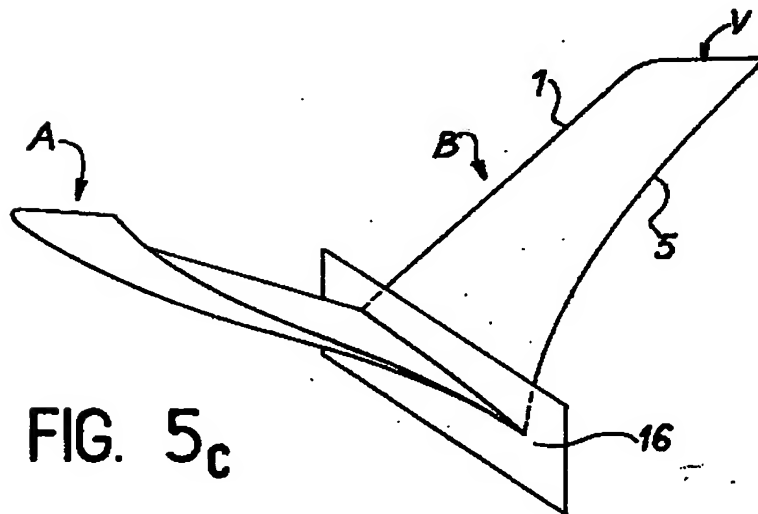


FIG. 5c

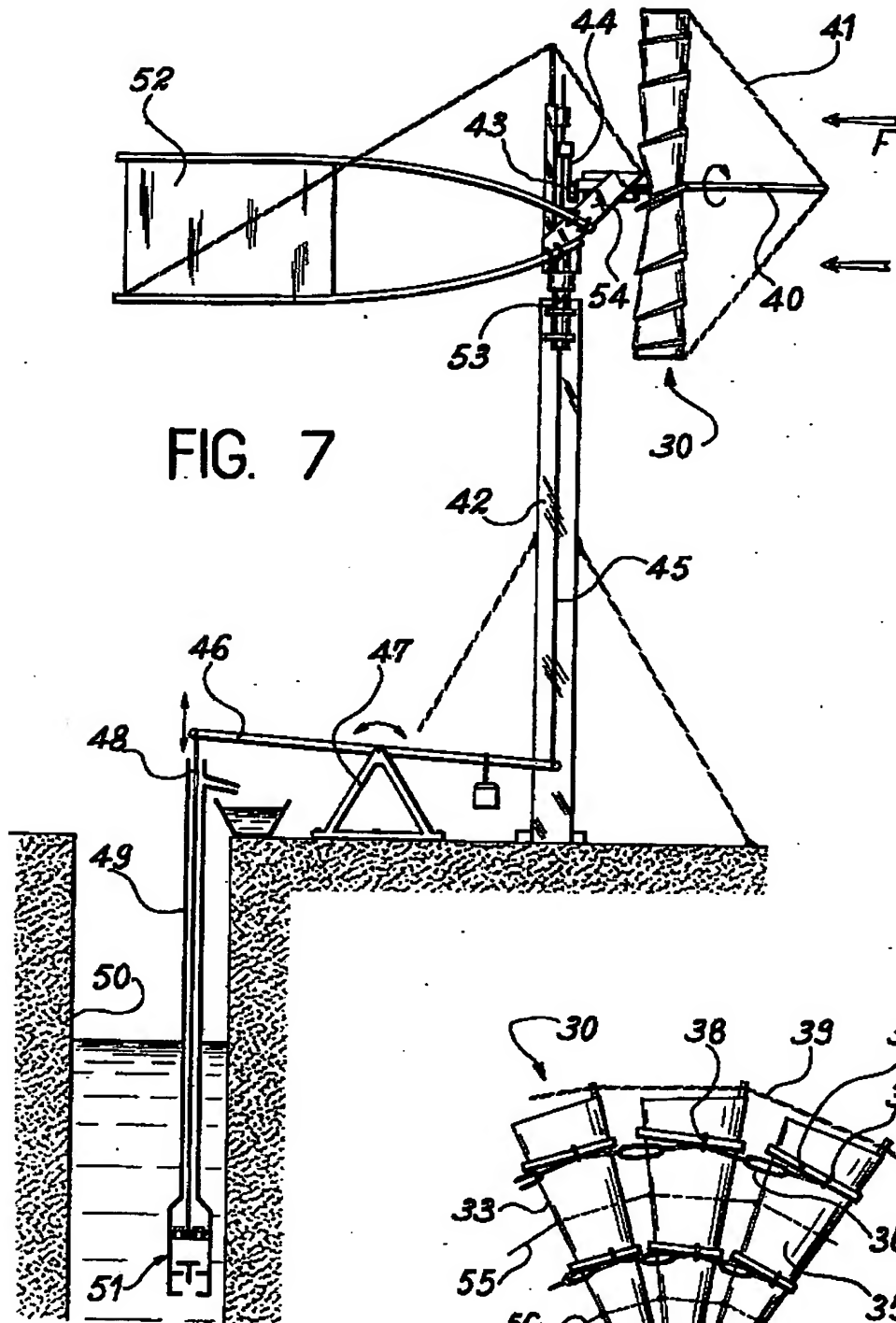


FIG. 7

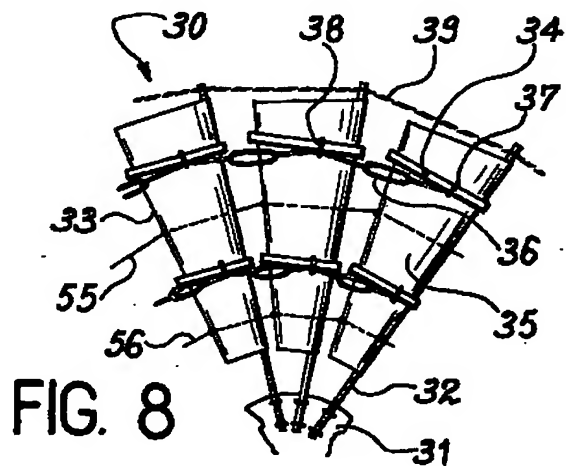


FIG. 8

FIG. 9

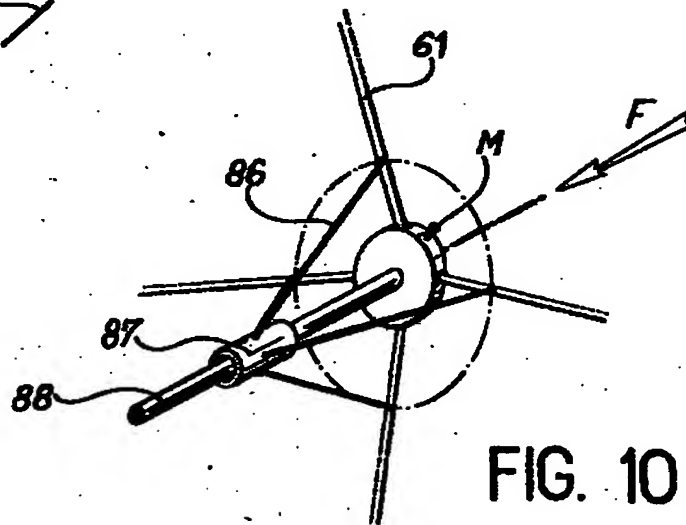
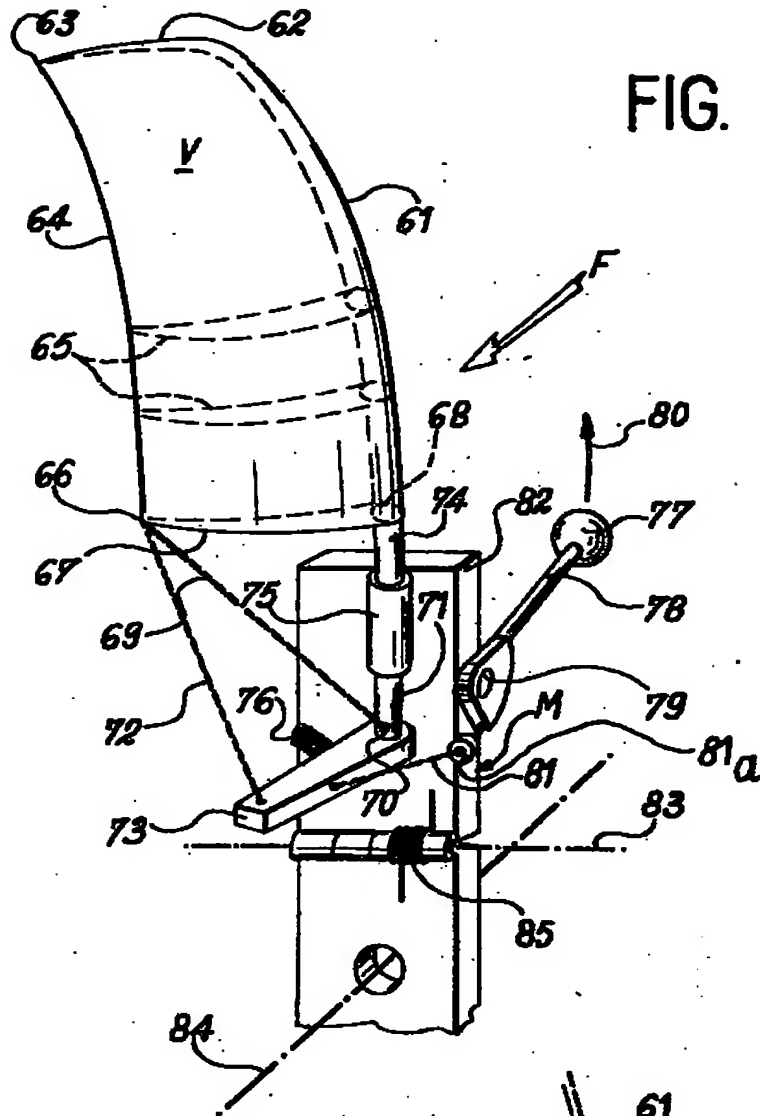


FIG. 10

FIG. 12

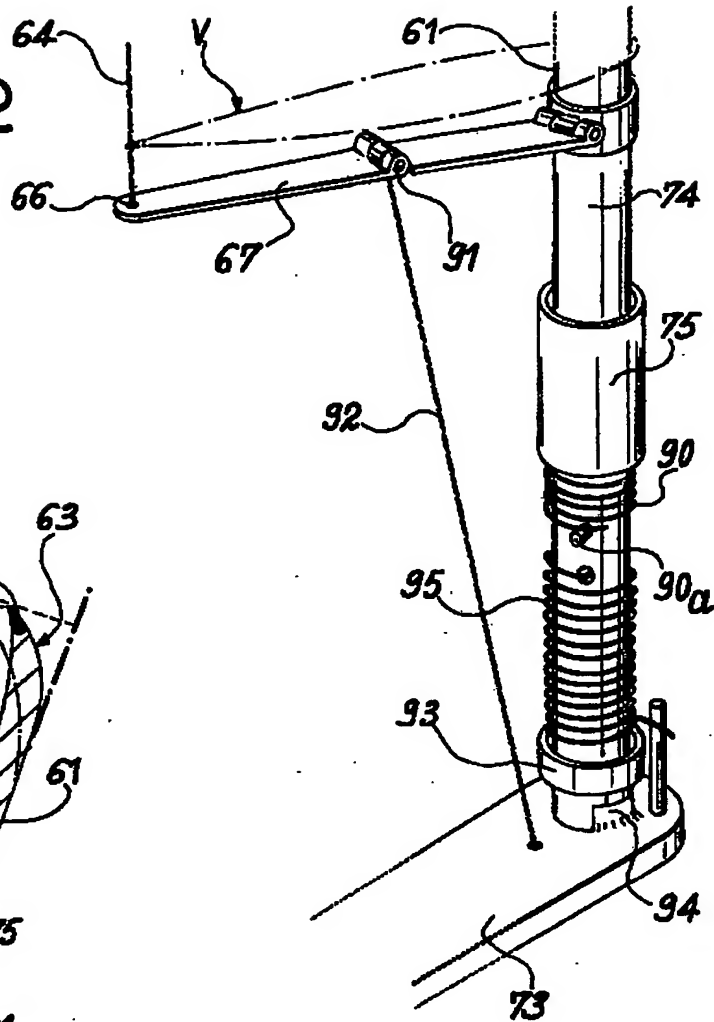


FIG. 11

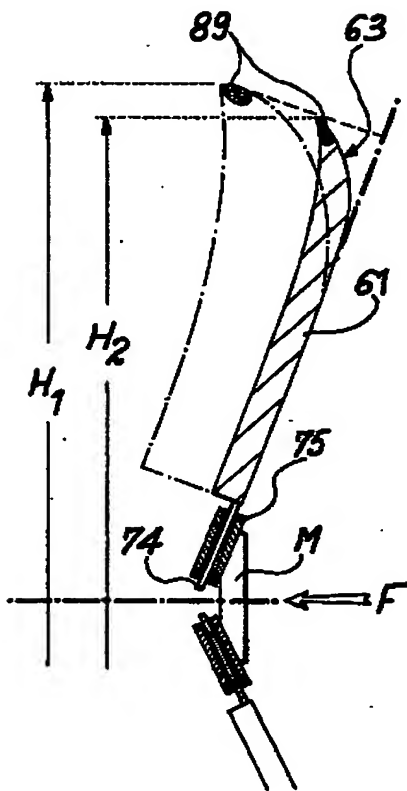
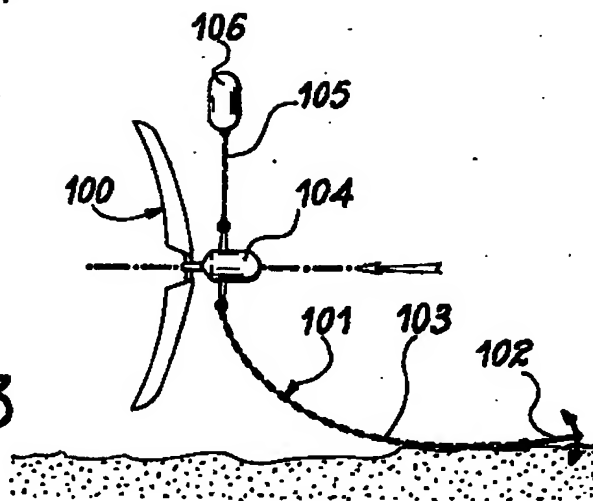


FIG. 13



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.